

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Strategie víceosého soustružení v CAM systému s aplikací multimediální podpory

Strategy of Multiaxis Turning in the CAM System with Support of Multimedia
Application

Student: Tomáš Durd'ák

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Marek Sadílek, Ph. D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Durd'ák**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Strategie víceosého soustružení v CAM systému s aplikací
multimediální podpory
Strategy of Multiaxis Turning in the CAM System with Support of
Multimedia Application
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor víceosých soustružnických strategií v CAM systémech.
2. Rozbor víceosých soustružnických strategií v CAM systému Mastercam.
3. Aplikace multimediální podpory pro tvorbu technologického postupu v CAM systému.
4. Generování seřizovacího listu v CAM systému.
5. Závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] SADÍLEK, M.; SADÍLKOVÁ Z. *Počítačová podpora procesu obrábění*. VŠB – TU Ostrava, 2012, 149 s., Dostupné na: <http://vyuka.fs.vsb.cz/>. ISBN 978-80-248-2770-4.
- [2] SADÍLEK, M.; KOSAŘ F. *Řešené praktické příklady v CAM systému Mastercam*. VŠB – TU Ostrava, 2011, 169 s.
- [3] SADÍLEK, M. *Počítačová podpora výroby*. VŠB – TU Ostrava, 2011, 80 s., Dostupné na: http://www.346.vsb.cz/studijni_literatura.html. Součástí této výukové opory je 18 animací.
- [4] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. VŠB – TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....12.5.2016.....

.....Tomáš Jurček.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava ("dále jen VŠB-TUO") má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3.).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было сједнано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было сједнано, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 11/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 12.5.2016.

Tomáš Durdák

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Durdák

Adresa trvalého pobytu autora práce: Sokola Tůmy 691, Frýdlant nad Ostravicí

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DURĎÁK, T. *Strategie víceosého soustružení v CAM systému s aplikací multimediální podpory: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 44 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Sadílek, M. Ph. D.

Bakalářská práce se zabývá základními strategiemi a možnostmi víceosého soustružení. Na úvod jsou srovnány aspekty pro výrobu a nejběžnější typy víceosých soustružnicko-frézovacích obráběcích center a především jejich kinematika. Dále je pak práce zaměřena na možnosti upínání poháněných nástrojů a také možnosti obrábění jednotlivými typy strojů. Za zmínku také stojí ohlédnutí za víceosými strategiemi v CAM systému Mastercam. V pokračování této práce můžeme dále vidět aplikaci multimediální podpory na tvorbu technologických postupů pro CAM systémy. Přes všechny tyto poznatky se ještě práce zabývá generováním seřizovacích listů pro výrobu v CAM systému. Celá tato práce by měla být především informativní jak pro výuku ve škole, tak i pro firmy a společnosti, při rozhodování a výběrů CNC stroje pro výrobu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

DURĎÁK, T. *Strategy of multi-axis turning in CAM system with multimedial support application: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of engineering, Department of machining, assembly and engineering metrology, 2016, 44 s. Supervisor: doc. Ing. Sadílek, M. Ph. D.

Bachelor thesis deals with main strategies and possibilities of multi-axis machining. In the beginning, there are compared aspects for production and common types of multi-axis milling-turning machining centers and especially their kinematic. Further is the thesis focused on possibilities of clamping driven tools and also possibilities of machining with each type of machine. It is also important to mention hindsight to multi-axis strategies in CAM system Mastercam. In continue of this thesis we can further see an application of multimedial support to create technological procedure for CAM systems. Despite of all these findings, this thesis also deals with generating control sheets for production in CAM system. This whole thesis should be especially informative, for teaching in school, and also for companies and enterprises in deciding and choosing CNC machines for production.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Marku Sadílkovi, Ph. D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této bakalářské práce.

Obsah

Prohlášení

Anotace

Poděkování

Obsah

Seznam značek

1	Úvod	3
2	Strategie víceosého soustružení v CAM systémech	4
2.1	Úvod do problematiky víceosých strojů	4
2.2	Typy víceosých obráběcích strojů	5
2.3	Možnosti upnutí poháněných nástrojů	8
2.4	Soustružení s poháněnými nástroji	9
2.5	Soustružení s využitím osy B	12
2.6	Soustružení s využitím druhého vřetena	17
2.7	Souřadný systém soustružnických strojů	19
3	Rozbor víceosých soustružnických strategií v CAM systému Mastercam	21
3.1	Úvod do Mastercam	21
3.2	Strategie obrábění v Mastercam	22
3.3	Dostupné cykly pro poháněné nástroje v Mastercam	22
3.4	Obrábění v radiálním směru	23
3.5	Obrábění v axiálním směru	28
3.6	Obrábění pomocí 4 a více os	30
4	Aplikace multimediální podpory	31
4.1	Význam multimediální podpory	31
4.2	Problematika CNC výroby	31
4.3	Zpracování multimediální podpory	31
5	Generování seřizovacího listu v CAM systému	32
6	Závěr	34
	Seznam použité literatury	35
	Seznam obrázků	37
	Seznam příloh	37

Seznam použitých značek a symbolů

CNC	[-]	Computer numeric control
CAM	[-]	Computer aided manufacturing
CAD	[-]	Computer aided design
MT	[-]	Mill - Turn
NC	[-]	Numeric control
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

1 Úvod

Tématem této bakalářské práce jsou strategie víceosého soustružení v CAM systémech s aplikací multimediální podpory. Strategie víceosého soustružení jsou velice důležitým prostředkem pro technology výroby. Díky těmto strategiím můžou velice lehce a zároveň efektivně vytvořit své výrobní postupy a programy pro CNC stroje. Dále se tato práce zabývá stručným rozdělením výrobních CNC strojů. Toto rozdělení je důležité z hlediska, že ne na každém CNC stroji lze uplatnit veškeré strategie víceosého obrábění. Proto, je důležité znát možnosti zakoupeného stroje ve firmě. Nebo si podle výroby, kterou chceme vyrábět vybrat vhodný stroj. V práci je dále vyobrazeno několik situací při výrobě součásti a to na různých strojích a s různou složitostí výrobku. Tato práce je také rozšířena o elektronickou podporu, v které lze vidět několik animací výroby. Tato práce byla zpracována především pro nahlédnutí a zjištění dostupných možností výroby na CNC víceosých soustružnických centrech. Tato práce může sloužit jako pomůcka pro výuku v hodinách zaměřených na CAM systémy. Nebo si v této práci mohou zájemci firem rozšířit obzor možností při pořizování CNC víceosých soustružnických center do svých firem.

2 Strategie víceosého soustružení v CAM systémech

2.1 Úvod do problematiky víceosých strojů

Nejvíce rozšířené CNC stroje na trhu jsou v dnešní době víceúčelové obráběcí stroje. Tyto stroje kombinují více funkcí na jednom stroji. Takovéto stroje jsou opatřeny například více jak jednou nástrojovou hlavou, do kterých je možno upínat i poháněné nástroje ať už se jedná o frézy nebo vrtáky. Dále tyto stroje mohou být opatřeny dvěma sklíčovými, které umožňují přendání obrobku mezi sebou během cyklu obrábění a tím zvýšení produktivity při výrobě. Není tady totiž mezi operacemi potřeba otáčet obrobek během obrábění obsluhu stroje. Také podle typu použitého stroje může druhé vřetenem hotový výrobek vypustit ze sklíčovky do sběrného místa hotových výrobků, kde pak hotové kusy vytáhne a přemístí do palet obsluha stroje.

Soustružnicko-frézovací nebo frézařsko-soustružnické stroje jsou v dnešní době velice vyhledávané z důvodu jejich velké flexibility a velkých schopností pro obrábění. Tyto stroje jsou osazeny dolními nástrojovými hlavami, horními nástrojovými hlavami, horní frézovací hlavou, nebo protivřetenem.

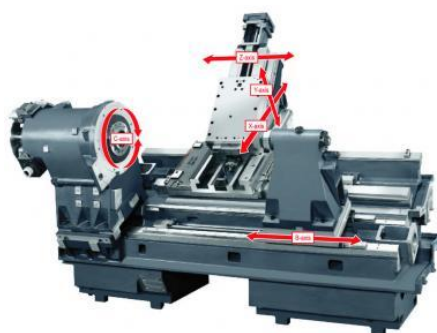
Podle náročnosti výroby si firmy mohou vybírat s velkého okruhu dostupných strojů na trhu. Mohou si podle potřeby vybírat stroje s třemi osami, čtyřmi osami, pěti osami nebo více. Tato volba stroje pak závisí na složitosti výrobku.

Pro některé výrobky je totiž dostačující stroj s jedním sklíčovým a jednou nástrojovou hlavou. Ale pro některé výrobky je zapotřebí, aby stroj obsahoval dvě sklíčovky pro možnost přendávání obrobku mezi sebou a možností obrábět z obou stran bez zásahu obsluhy stroje. Nebo aby stroj obsahoval horní frézovací hlavu. Dále pak takový stroj může být osazen dvěma nebo třemi nástrojovými hlavami pro rychlejší a hlavně stabilnější řezné podmínky během procesu obrábění. Všechny tyto varianty provedení strojů jsou na trhu k dostání od různých světových, ale i českých firem. Tyto firmy se snaží svými výrobky co nejvíce prorazit na trhu a neustálým vylepšováním svých výrobků poskytnout koncovému zákazníkovi tu nejvyšší kvalitu požadovaného stroje pro daný typ obráběcích procesů.

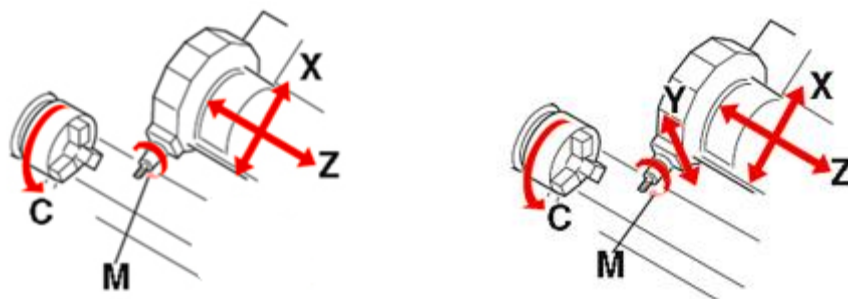
2.2 Typy víceosých obráběcích strojů

Tyto stroje, které lze vidět na obrázcích jsou nejvíce zastoupeny ve strojírenské výrobě v podnicích ať už v České Republice tak i ve světě. Stroje tohoto typu ve většině případů umožní firmě rozšířit svůj sortiment výroby a hlavní plus těchto strojů je snížení nákladů během výroby.

a) Stroj s jedním sklíčidlem jednou nástrojovou revolverovou hlavou s možností osazením poháněnými nástroji a podpěrným otočným vřetenem



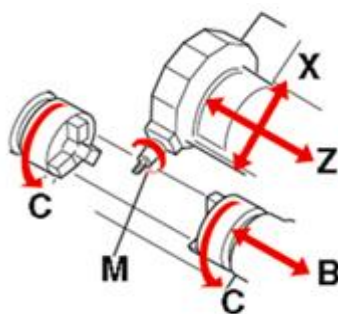
Obr. 1 Kinematika 4osého soustružnického obráběcího centra s jedním sklíčidlem[1]



Obr. 2 Kinematika stroje bez osy Y a s osou Y [2]

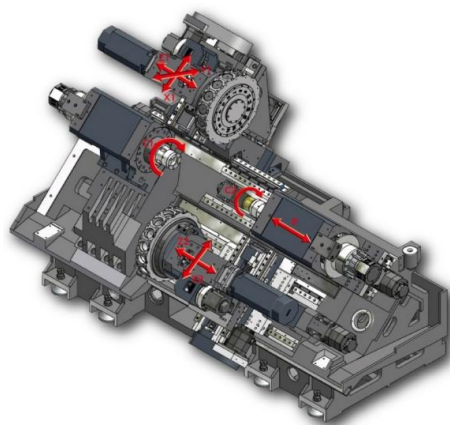
Tyto stroje jsou v praxi ještě dodávány i bez osy Y. Bez této osy, jsou ale velice omezeny možnosti obrábění a to hlavně s ohledem na frézování a vrtání. Bez osy Y jsou stroje vhodné spíše pro výrobu válcových součástí, tvarových ploch, ale už může v některých případech nastat problém u procesu frézování nebo vrtání. Dále také mohou nastat potíže při obrábění vnitřních drážek pomocí drážkovacího poháněného nástroje. Tento typ stroje je také dostupný ve verzi se dvěma poháněnými vřeteny se sklíčidly pro velké zefektivnění výroby složitějších součástí nejen pomocí soustružnických noží, ale také pomocí poháněných nástrojů např. fréz a vrtáků.

b) Stroj se dvěma sklíčovými a jednou revolverovou nástrojovou hlavou s možností osazení poháněnými nástroji a dvěma vřetení se sklíčovými



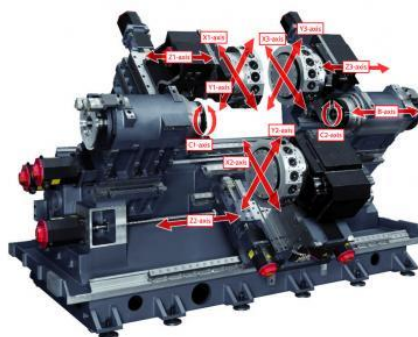
Obr. 3 Kinematika stroje se dvěma sklíčovými [2]

c) Stroj s jednou horní a jednou dolní revolverovou nástrojovou hlavou s možností osazení poháněnými nástroji a dvěma poháněnými vřetení se sklíčovými



Obr. 4 Kinematika 4osého soustružnického obráběcího centra [3]

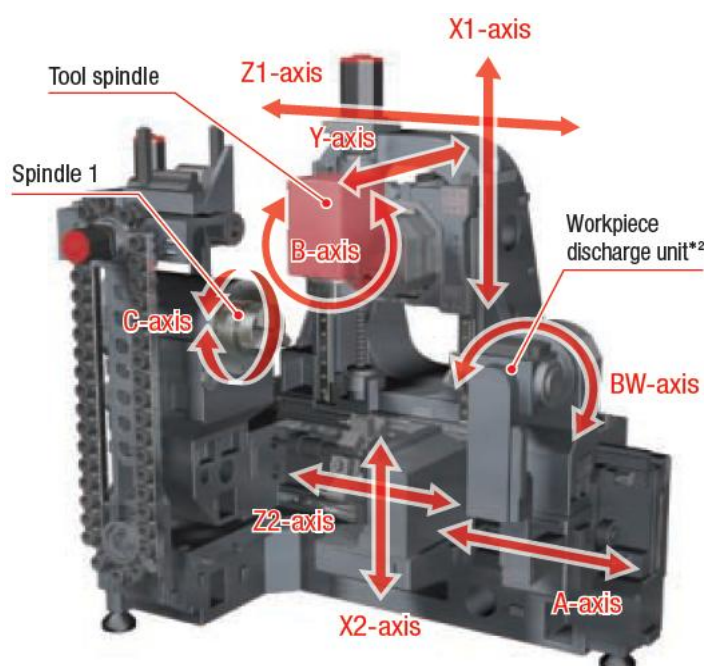
d) Stroj s jednou dolní nástrojovou hlavou a dvěma horními nástrojovými hlavami s možností osazení poháněnými nástroji a dvěma vřetení se sklíčovými



Obr. 5 Kinematika 4osého soustružnického obráběcího centra [1]

Pro stroje v bodě c a d je specifické, že mají více než jednu nástrojovou hlavu. S tohoto důvodu si mohou firmy využívající tento stroj dovolit zvýšit produktivitu výroby a tím snížení nákladů na provoz. Toho je možno dosáhnout obráběním jedné součásti oběma hlavami najednou, nebo lze využívat každou nástrojovou hlavu pro jedno sklíčidlo. Opět je možno u těchto strojů využívat poháněných nástrojů upevněných v nástrojové hlavě. Stroje se dále vyznačují velkou přesností a velice dobrým útlumem vibrací během obrábění díky využití obou nástrojových hlav najednou.

e) Stroj s dolní revolverovou nástrojovou hlavou, horní frézovací hlavou a dvěma vřeteny se sklíčidly.



Obr. 6 Kinematika 7osého multifunkčního obráběcího centra [4]

Multifunkční soustružnicko-frézovací centra jsou spojením soustružnických a frézovacích strojů v jeden celek. Tímto spojením umožňuje rozšíření technologických možností jednoho stroje na technologii soustružení, závitování, zapichování, vrtání, vyvrtávání, frézování, frézování vaček, odvalování ozubených kol. Tyto stroje jsou dále vybaveny osou B, která v kombinaci s osou Y umožňuje mimoosé vrtání a především umožňuje 5osé frézování. Stroje vybavené pravým vřetenem navíc umožňují komplexní obrábění z obou stran obráběného dílu. Takto osazený stroj je určen díky svému vysokému rozsahu pracovních cyklů výroby pro složitější výrobky, kdy takhle můžeme nahradit velký počet manipulací s výrobkem až do jeho dokončení. Tímto strojem

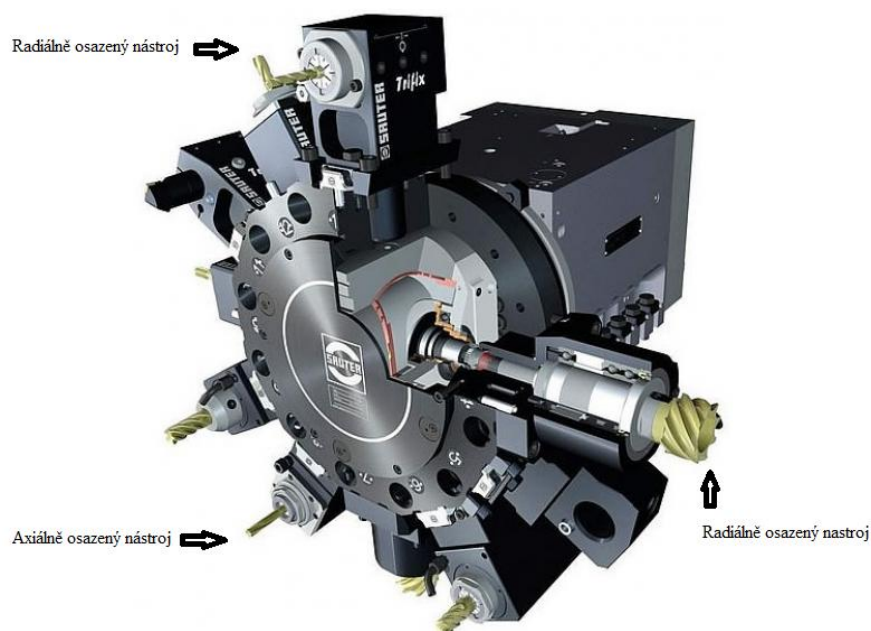
lze z části nahradit frézovací centra. Firma, která si chce takový typ stroje zakoupit, musí však dobře uvážit velikost stroje pro svůj typ výroby.

2.3 Možnosti upnutí poháněných nástrojů

Poháněné nástroje představují podstatné zvýšení technologických možností obráběcího stroje a významným příspěvkem k možnosti zhotovit výrobek na jedno upnutí. Poháněný nástroj představuje další řízenou osu. Konstrukčním provedením se výrazně liší upnutí poháněného nástroje upínaného do pracovního vřetena stroje a poháněné nástroje, které jsou upínány do revolverové nástrojové hlavy. [5]

Umístění poháněných nástrojů do revolverové hlavy je velice důležité z důvodu následného obrábění součástí. Poháněné nástroje je možno do revolverových nástrojových hlav umístit buď v radiálním směru, nebo v axiálním směru. Tyto dvě varianty umožňují technologům vhodně navrhnout umístění nástrojů vzhledem k obrobku. Dále je ještě nutné si uvědomit jaké schopnosti má požadovaný stroj ať už se jedná o počet vřeten nebo počet obráběcích os, tak aby výsledek práce byl co nejuspokojivější.

a) Upnutí do revolverové hlavy



Obr. 7 Osazení poháněných nástrojů v revolverové nástrojové hlavě [6]

Revolverové hlavy jsou klíčovým prvkem, který určuje výrobní možnosti daného stroje. Proto je velice důležité při pořizování stroje do firmy dbát na vhodný výběr revolverové

nástrojové hlavy, tak aby výsledek obrábění byl co nejlepší. V dnešní době už je velké množství firem, které vyrábějí velice kvalitní stroje i s poháněnými nástrojovými hlavami.

b) Upnutí do horní soustružnicko-frézovací hlavy

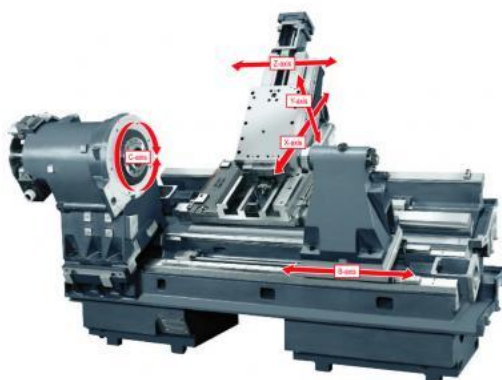


Obr. 8 Soustružnicko-frézovací hlava osazená nástrojem [7]

Stroje osazené frézovací hlavou jsou obrovským plusem pro výrobu součástí a to nejen složitých. Do frézovací hlavy je možno upnout i soustružnické nože a pracovat, tak jako v případě stroje s dolní a horní nástrojovou hlavou. Pomocí frézovací hlavy máme obrovsky rozsah možností výroby i složitých součástí, protože můžeme najednou využívat plynule až pět os pohybu. Pomocí těchto pohybů získáme takzvané 5osé soustružnicko-frézovací centrum. I když je možno využívat pohyb v pěti osách, ne vždy se dají nahradit frézovací centra. Velký vliv je kladen především na velikost obrobku a také by měl být vhodný polotovár, který se dá upnout do sklíčidel soustružnicko-frézovacího centra.

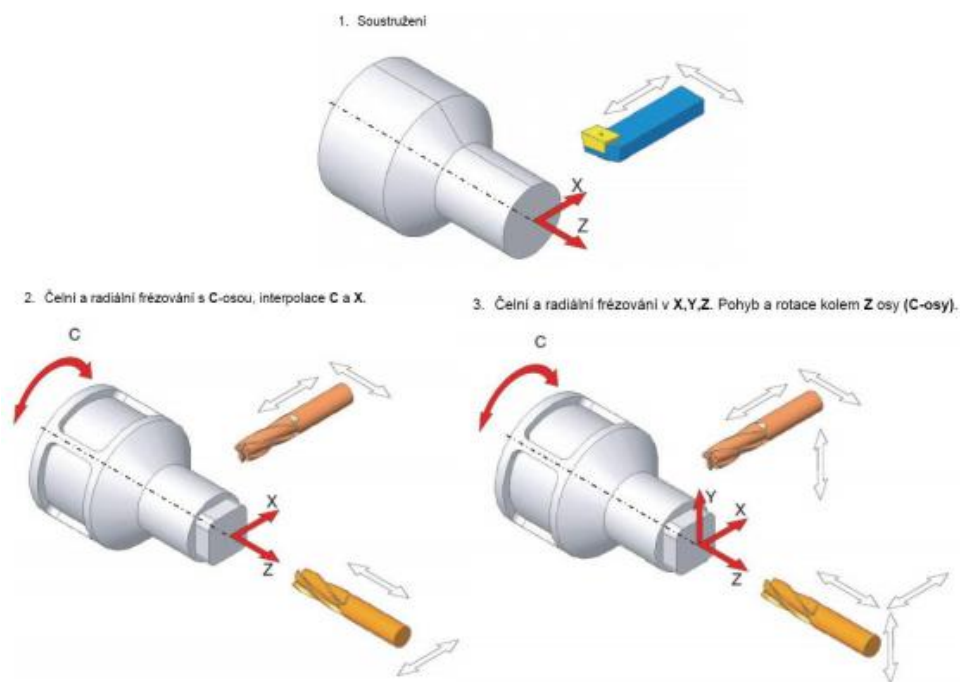
2.4 Soustružení s poháněnými nástroji

Nejen na soustružnicko-frézovacích obráběcích centrech, ale i na soustružnických obráběcích centrech lze využít poháněné nástroje. Mezi poháněné nástroje považujeme frézy, vrtáky, závitníky, drážkovací nástroj a další. Podle nabízených cyklů stroje pak můžeme tvořit závity, vrtané otvory, obrážené drážky ve vnitřních dírách a frézované tvary. Na strojích se dají vytvářet všechny tyto úkony, jak na válcové ploše součástí, tak i na čelní ploše součástí.



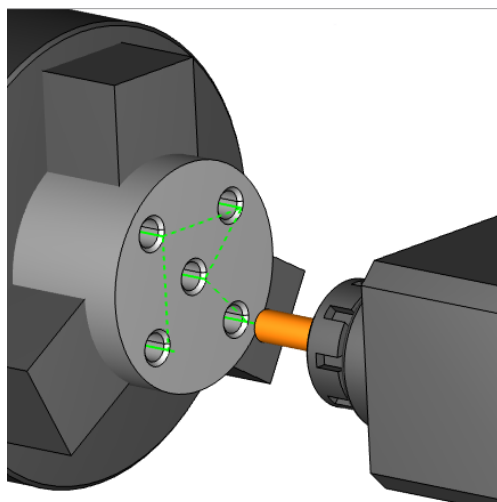
Obr. 9 Kinematika 4osého soustružnického obráběcího centra XYZC[1]

Na tomto typu stroje je možno provádět běžné soustružení a také čelní a radiální frézování s C - osou a čelní a radiální frézování v X, Y, Z osách.



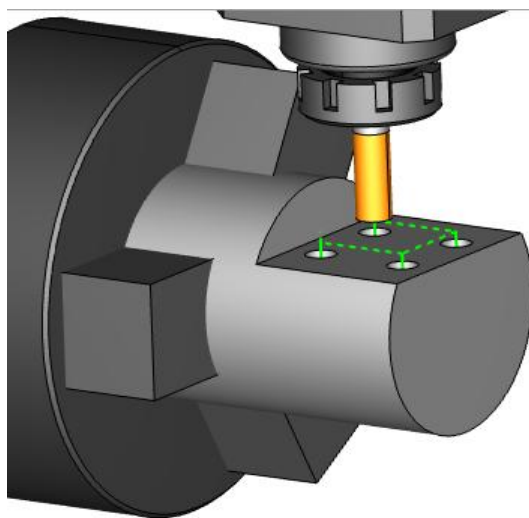
Obr. 10 Obrábění na 4osém soustružnickém centru XYZC [8]

Radiální obrábění se používá pro obrábění tvarů na průměru (díry, drážky a různá vybrání). Při radiálním obrábění směřuje osa nástroje vždy kolmo na osu rotace obrobku. Axiálním obráběním lze obrábět v některých případech i frézované plochy na průměru součásti. Záleží především na tvaru součásti. Axiální obrábění je z velké části voleno na čelních plochách, kde má své důležité uplatnění.



Obr. 11 Axiální obrábění [9]

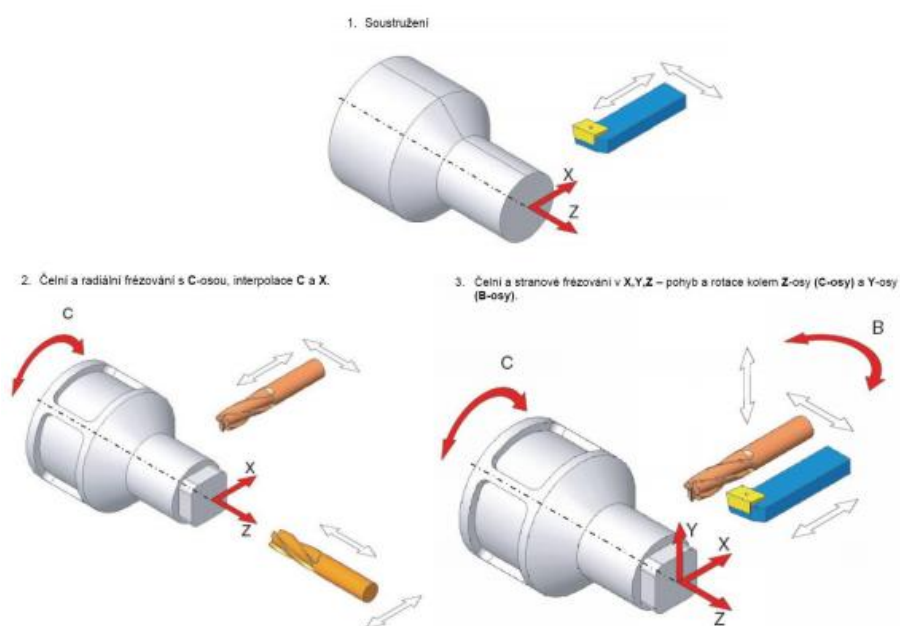
Na obrázku číslo 11 je možno vidět axiální obrábění s využitím pohybu osy C tedy s natáčením vřetene. Poháněný nástroj je upnut do revolverové nástrojové hlavy. V této poloze nástroje lze provádět frézovací, vrtací, závitovací operace a další.



Obr. 12 Radiální obrábění [9]

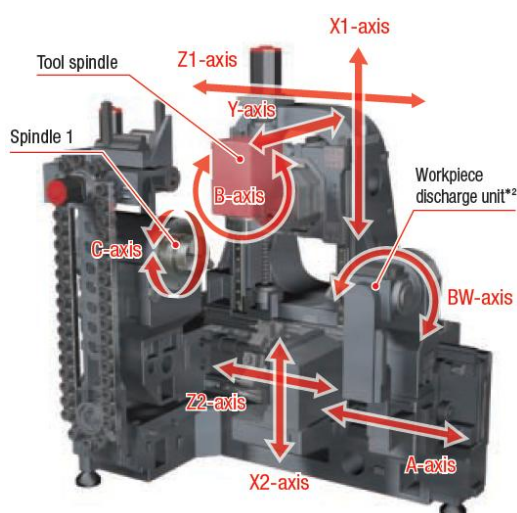
Na obrázku číslo 12 je možno vidět radiální obrábění s využitím osy Y. V této poloze nástroje lze provádět vrtací, frézovací, závitovací operace a další. Ve většině případů je nutno, aby stroj, na kterém jsou obráběcí operace prováděny, byl opatřen osou Y. Tato osa usnadní velice proces obrábění hlavně s ohledem na volbu nástrojů a volbu drah nástrojů. Velmi často používaným způsobem frézování na víceosých CNC strojích je frézování ozubených kol viz. obrázek 21.

2.5 Soustružení s využitím osy B

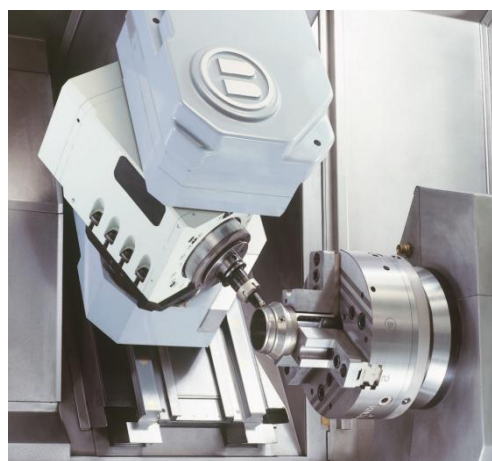


Obr. 13 Kinematika obrábění na 5osém soustružnickém obráběcím centru (XYZCB) [8]

5osé soustružnické centrum je možno vidět ve dvou nejvíce rozšířených typech. Více využívané pro výrobu ve firmách je model s horní soustružnicko-frézovací hlavou a dolní revolverovou nástrojovou hlavou. Takto osazený stroj má pro výrobu daleko větší využití.

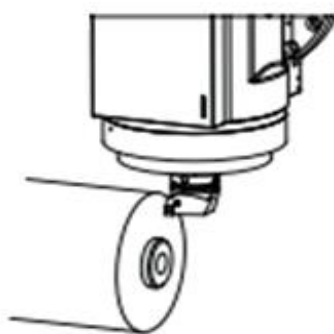


Obr. 14 Soustruh s horní frézovací hlavou a dolní nástrojovou hlavou [4]



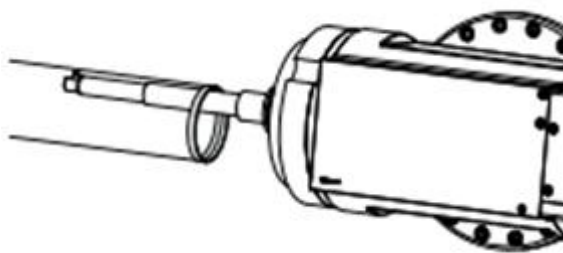
Obr. 15 Soustruh s horní frézovací hlavou [10]

Na strojích s horní soustružnicko-frézovací hlavou je umožněno použít velké množství úkonů s důvodu využití další osy B. Tato osa dovoluje obrábět pod různými úhly a tím se zvýší velice produktivita práce. Stroj s osou B nám dovoluje frézování v 5osách a tím vytváření složitých součástí na jedno upnutí a tím zvýšení přesnosti výroby. Horní soustružnicko-frézovací hlava je určena především pro poháněné nástroje, jako jsou frézovací, vrtací nástroje a další. Ale je možno horní soustružnicko-frézovací hlavu využít pro soustružnické nože, kdy lze frézovací hlavou nahradit horní revolverovou nástrojovou hlavu.



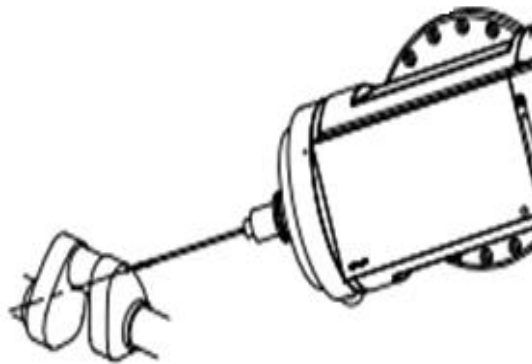
Obr. 16 Obrábění nepoháněným nástrojem [11]

Na obrázku číslo 16 je možno vidět obrábění pomocí horní soustružnicko-frézovací hlavy, avšak nepoháněným obráběcím nástrojem. Tímto systémem můžeme obrábět čelní i válcové plochy vnější i vnitřní, dále pak tvořit vnější i vnitřní závity, zápichy.



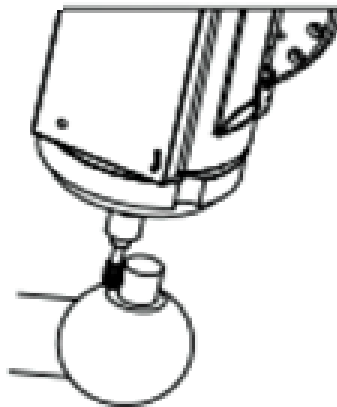
Obr. 17 Obrábění poháněným nástrojem nebo [11]

Na obrázku číslo 17 lze vidět obrábění vnitřní části obrubku buď soustružnickým nožem do díry, ale především poháněnými nástroji. Poháněnými nástroji mohou být frézovací hlavy nebo vyvrtávací tyče. Tímto způsobem je možno vytvářet také vnitřní závity pomocí frézy a také obrábět drážky pomocí nože, ale ve většině případu kotoučovou frézou. K těmto operacím obrábění nám velký přínos dává horní soustružnicko-frézovací hlava, která se může natáčet kolem osy B.



Obr. 18 Obrábění poháněným nástrojem [11]

Dalším velice užitečným způsobem obrábění je mimoosé obrábění. Mimoosým obráběním lze především vrtat otvory, ale také frézovat. Tento způsob obrábění lze docílit pouze u stroje s možností natáčení soustružnicko-frézovací hlavy kolem osy B.



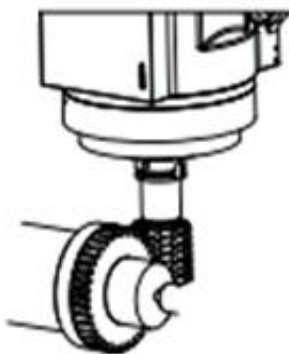
Obr. 19 obrábění poháněným nástrojem [11]

Na obrázku číslo 19 je možno vidět frézování kruhovou interpolací pod daným úhlem. Nástroje je díky možnosti natočení kolem osy B schopen úhlového frézování provádět ve svém pracovním rozsahu.



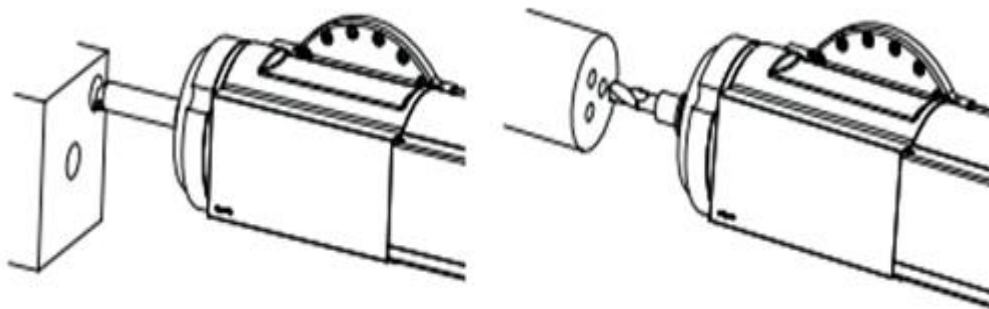
Obr. 20 Obrábění poháněným nástrojem [11]

Největší výhodou asi vůbec je na 5osých soustružnických center 5osé frézování. Tato technologie umožní u některých součástí nahradit 5osé frézovací centrum. Díky této možnosti lze výrobek zhotovit na jedno upnutí. Tím se výrazně zvýší přesnost obrábění. Při 5osém frézování je umožněno na stroji vytvářet složitější součásti.



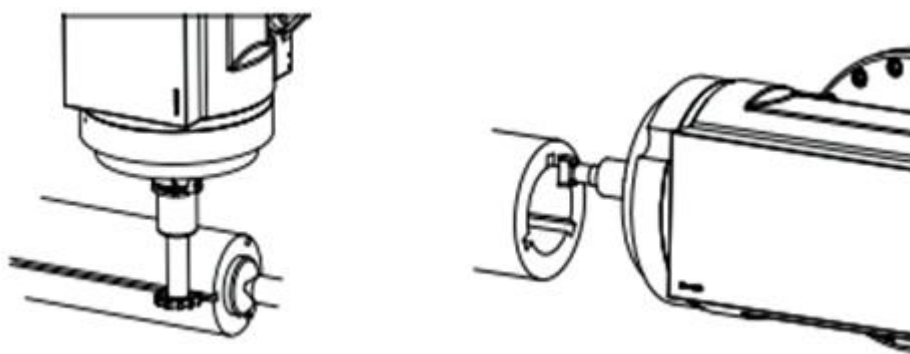
Obr. 21 Obrábění poháněným nástrojem [11]

Tento způsob frézování je velmi efektivní a především přesný. Na strojích s horní frézovací hlavou je navíc umožněna dostupnost do hůře přístupných míst. To z důvodu, že odvalovací fréza je upnuta přímo do vřetene soustružnicko-frézovací hlavy a tím pádem nemá kolem sebe držák jako u odvalovacích fréz poháněných z revolverové nástrojové hlavy. Ozubení lze tedy vyrobit na členitých rotačních součástech.



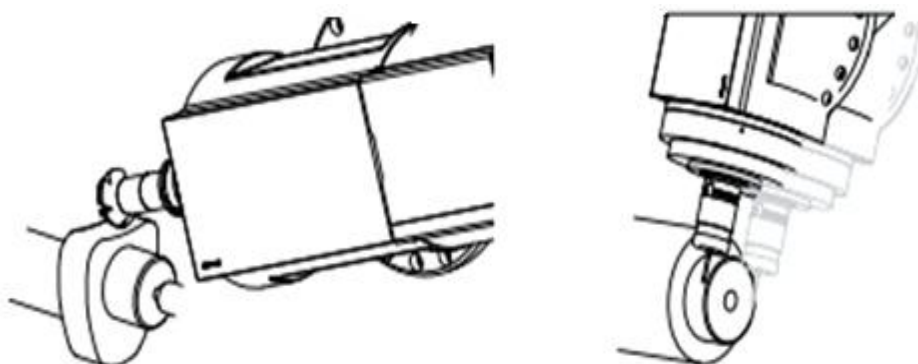
Obr. 22 Obrábění poháněnými nástroji [11]

Mezi důležité operace na stroji patří bezpochyby možnost vyvrtávání a vrtání. To může probíhat přímo v ose obrobku nebo mimo osu obrobku díky možnosti pohybu v ose Y a ose B nástroje. Tyto úkony jsme schopni provádět i na stroji bez horní soustružnicko-frézovací hlavy, ale někdy může být omezení prostorem potřebným pro nástrojovou hlavu s držáky. Vyvrtávání děr a vrtání otvorů lze provádět i v radiálním směru na válcové ploše nebo na ofrézované ploše.



Obr. 23 Obrábění poháněným nástrojem [11]

Pro tvorbu drážek na válcovém povrchu je možno volit jak je vidět v levé části obrázku číslo 23 kotoučovou frézou. Drážky na venkovním průřezu lze obrábět pochopitelně i stopkovou frézou. Dále jak je možno vidět na obrázku číslo 23 v pravé části je možno tvořit drážky i v otvorech rotačních součástí. K těmto drážkám se využívají obrážecí poháněné nástroje. Hloubka drážky je omezena však tvarem a velikosti daného nástroje, ale je to velice efektivní způsob výroby drážek v otvorech.



Obr. 24 Obrábění poháněným nástrojem a měření dotekovou sondou [11]

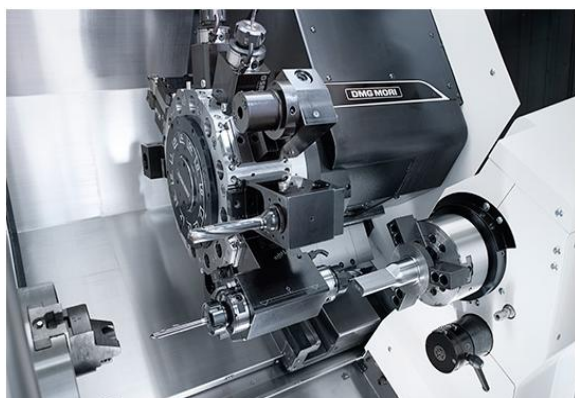
Mezi speciální možnosti obrábění je výroba vačkových hřídelí frézováním. Tato výroba je velice efektivní z důvodu výhody výroby na jedno upnutí obrobku a tím velice vysoké přesnosti hotového výrobku. Dále přesnost této metody, ale nejen frézování vaček lze ověřit proměřením pomocí dotekové sondy upnuté ve vřetenu soustružnicko-frézovací hlavy. Tímto proměřením je možno získat hodnoty důležité pro korekce nástroje, aby výsledný výrobek měl požadované parametry dle výkresu.

2.6 Soustružení s využitím druhého vřeten

Moderní soustružnická centra vybavena druhým vřetenem (protivřetenem) dovolují obrábět dílce z přední i zadní strany díky předání dílce z hlavního do druhého vřeten. Obrobek lze v průběhu obrábění natáčet a obrábět z dalších stran. Jestliže je soustružnické centrum vybaveno dvěma nástrojovými hlavami, lze obrábět současně na obou vřetenech stroje nejednou. [8]

V praxi se lze setkat s více možnostmi provedení obráběcích strojů se dvěma vřeteny. Dají se rozdělit do tří hlavních skupin.

- Stroj se dvěma vřeteny a jednou revolverovou nástrojovou hlavou
- Stroj se dvěma vřeteny a dvěma nebo třemi revolverovými nástrojovými hlavami
- Stroj se dvěma vřeteny a dolní revolverovou nástrojovou hlavou a horní soustružnicko-frézovací hlavou.



Obr. 25 Stroj typ dvě vřetena a jedna nástrojová hlava [12]



Obr. 26 Stroj typ dvě vřetena a dvě nástrojové hlavy [13]



Obr. 27 Stroj typ dvě vřetena a jedna nástrojová hlava jedna frézovací hlava [14]

Výhodou těchto typů stroje je, že lze pomocné protivřetenem využít jako podpěrné a nahradíme tak funkci podpěrného koníku. Je možno takto obrábět i dlouhé součásti a nemusí se použít například k podepření luneta. Výběr stroje tohoto typu závisí na složitosti výroby. Pro některé součásti by mohlo vyhovovat i jiné obráběcí centrum a pro firmu by v tomto případě byla investice do stroje se dvěma vřeteny prakticky ekonomicky nevýhodná.

U strojů s pomocným protivřetenem jsou strategie obrábění prakticky totožné, jako jsou popsány v kapitole 2.4 a 2.5 obrábění s poháněnými nástroji. Na stroji jde opět provádět veškeré frézovací operace a to i frézování v pěti osách najednou. Dále je zde možno uplatnit výrobu děr, závitů, výroba vnitřních drážek, výroba ozubení, vačkových hřídelí a mnoho dalších. Stroje se dvěma vřeteny se vyznačují velice vysokou produktivitou výroby.

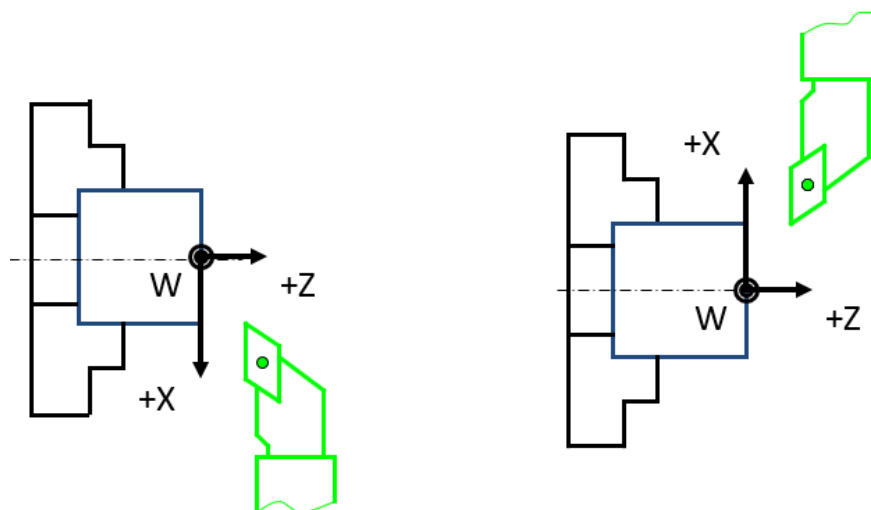
Víceosé funkce strojů byly vyvinuty především pro automobilový a letecký průmysl. Hlavní výhodou 5osého plynulého obrábění je možnost zásadně snížit obráběcí časy pro výrobu složitých komplexních součástí díky jednomu upnutí. Dále také vynikající kvalita povrchu při dokončování. To je zajištěno plynulým naklápěním nástroje tak, aby byl dosažen optimální kontaktní bod nástroje s obrobkem po celou dobu obrábění. 5osé strategie zahrnují třískové obrábění pro obrábění proměnných kuželových stěn a sofistikované více plošné dokončování. K dispozici jsou, také strategie pro obrábění složitějších součástí, jako jsou například turbínové lopatky.[15]

Všechny strategie popsané v této kapitole jsou pro dnešní dobu prakticky nezbytné pro udržení se na trhu a konkurenceschopnost firem. Dnešní doba vyžaduje především velkou efektivitu výroby a přitom i dodržování dokonalé přesnosti během výroby. Takto vysoká efektivní výroba je především v automobilovém průmyslu a leteckém, kde je potřeba denně vyrábět velké množství součástek. A proto stroje se schopnostmi popsanými v této kapitole jsou nezbytnou součástí obráběcích dílen ve firmách.

2.7 Souřadný systém soustružnických strojů

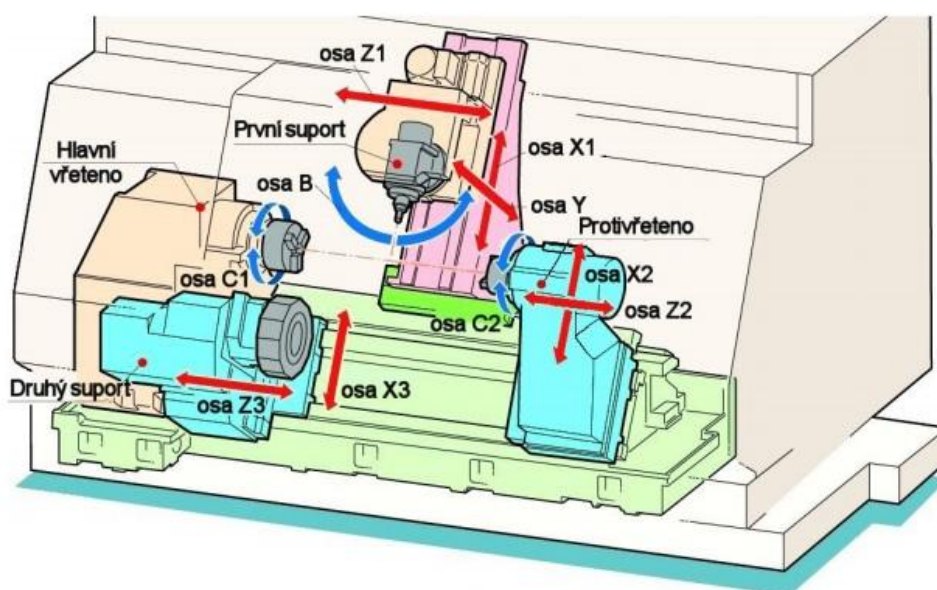
W - nulový bod obrobku

+X, +Z - kladný směr obráběcích os



Obr. 28 Souřadný systém klasického soustruhu [21]

Tento souřadnicový systém je na klasickém rotačním dvouosém soustruhu. Na levém obrázku lze vidět typ soustruhu, kde se nachází nástrojová hlava pod osou rotace obrobku. Na pravém obrázku lze vidět typ soustruhu, kde se nachází nástrojová hlava nad osou rotace obrobku. V obou případech se jedná o soustruh, kde je pohyb nástroje možný pouze ve 2. osách.



Obr. 29 Souřadnicový systém u CNC soustružnického centra [21]

Výrobní stroje používají kartézský systém řízení podle souřadnic. Tato soustava je dána normou ČSN ISO Terminologie os a pohybu. Systém je pravotočivý, pravoúhlý s osami X, Y, Z. Otáčivý pohyb rovnoběžný s osami X, Y, Z, se označují A, B, C. Osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetene, přičemž kladný smysl probíhá od obrobku k nástroji. Kartézský systém je velice důležitý pro řízení stroje, nástroj se v něm pohybuje podle zadaných příkazů z řídicího systému stroje podle údajů vygenerovaných v NC programu.

Souřadný systém se na stroji určuje podle daných pravidel:

- vychází se od nehybného obrobku
- vždy musí být definována osa X
- osa X leží v upínací rovině obrobku nebo je s ní rovnoběžná
- osa Z je totožná nebo rovnoběžná s osou pracovního vřetene, které udává hlavní řezný pohyb
- kladný smysl os je od obrobku k nástroji, ve směru zvětšujícího se obrobku
- pokud jsou na stroji další doplňkové pohyby v osách X, Y, Z, označují se U, V, W
- když se obrobek pohybuje proti nástroji, označují se takové osy X', Y' a Z'
- osy A, B, C značí rotační pohyby kolem os X, Y, Z

3 Rozbor víceosých soustružnických strategií v CAM systému Mastercam

3.1 Úvod do Mastercam

Mastercam je nejrozšířenější CAD/CAM systém na světě. CAD/CAM software Mastercam je mistr mezi CAD/CAM systémy pro obráběcí a tvářecí stroje. CAD/CAM software Mastercam je sofistikovaným řešením pro vytváření obrábění pro frézování od 2,5D až 5D. Soustružení 2osého, 4osého s více hlavami a vřeteny. CAD/CAM systém Mastercam je moderním nástrojem pro vytváření a editaci modelů. Od verze X8 je CAD/CAM systém Mastercam také jedním z nejmodernějších CAD nástrojů, kde lze rychle a jednoduše nakreslit jakýkoli model, design. [16]

Produkt Mastercam Mill - Turn činí obrábění na dnešních vysoce výkonných a plně funkčních soustružnických centrech jednodušší a snadnější než kdykoliv předtím. S uvedením MT Mastercam zjednodušuje proces programování na těchto složitých strojích pomocí inteligentního rozvrhování prací, které jsou přiřazovány konkrétnímu stroji v provozu. Využití inteligentní volby pracovní roviny usnadňuje volbu vřetene a věže a vytváření drah nástrojů pomocí ověřených drah pro frézování a soustružení od Mastercam. [16]

Synchronizace mezi vřeteny a věžemi se provádí pomocí špičkového rozhraní zvaného Mastercam Code Expert. V Mastercam Code Expert mohou uživatelé snadno graficky synchronizovat více řádků kódu. Výkonné funkce Mastercamu, společně se špičkovým Mastercam Code Expertem, zajistí, že kód bude správný a efektivní tak, jak to vyžadujete, a dlouho předtím, než se dostane do stroje. Mastercam Mill -Turn nám zjednodušuje složité stroje. [16]

Hlavní charakteristiky Mastercam Mill - Turn:

- Využívá ověřené dráhy nástrojů v Mastercamu.
- Účinné automatizované rozvrhování práce.
- Inteligentní vytváření rovin s minimálními zásahy uživatele.
- Přizpůsobené frézovací nástroje optimalizované pro zpracování Mill-Turn.
- Výkonná grafická synchronizace
- Přesná simulace stroje pro vaše zařízení (detekce kolizí, žlábků a další)
- Výkonný nástroj pro postprocesory.

3.2 Strategie obrábění v Mastercam

Program Mastercam má velkou nabídku možných pracovních drah nástrojů. Tyto možnosti jsou především hrubování a dokončování válcového povrchu. Dále pak Mastercam umožňuje používat obráběcí cykly, jako jsou závitování jak vnější tak vnitřní a pak také zapichovací cykly. Také se můžeme v programu Mastercam setkat s obráběcím cyklem hrubování kontury a dynamickým hrubováním. Neměli bychom však zapomenout na cyklus dokončení kontury a cyklus kdy je možno naprogramovat upíchnutí hotové součásti například za pomoci protivřeten a pokud je stroj tímto vřetenem vybaven. Všechny tyto soustružnické cykly se prakticky týkají obrábění pomocí nepoháněných nástrojů. Tyto strategie lze využít například i ve stroji, který je osazen protivřetenem.

Dalšími možnými strategiemi v programu Mastercam jsou možnosti frézování drážek a kapes a různých tvarů v radiálním nebo axiálním směru pomocí poháněné frézy. Také je potřeba zmínit, že v radiálním i axiálním směru je možno provádět vrtání děr, také za pomoci poháněného nástroje.

3.3 Dostupné cykly pro poháněné nástroje v Mastercam

V programu Mastercam se nachází rozdělení obrábění s poháněnými nástroji za pomoci osy C do šesti skupin.

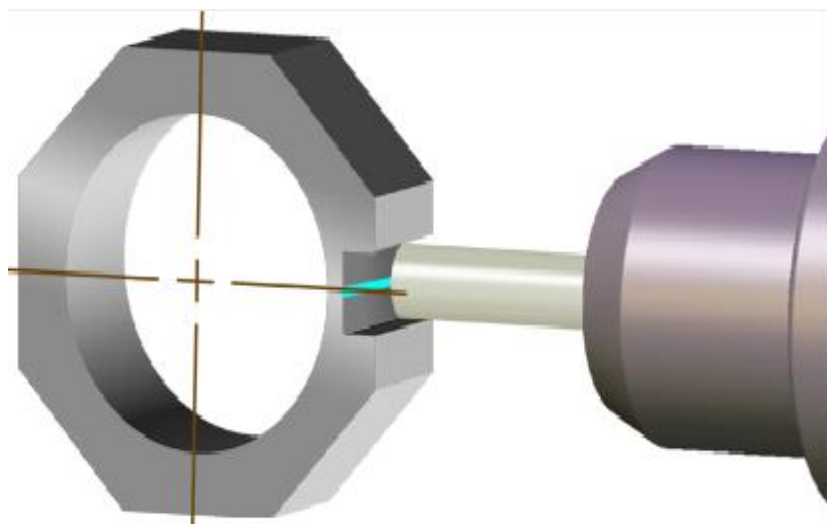
- Čelní frézování (Axiální)
- Radiální frézování
- Radiální frézování po obvodu
- Čelní Vrtání (Axiální)
- Radiální vrtání
- Radiální vrtání mimo osu rotace obrobku

U 5 ti cyklů dostupných v programu Mastercam je možná výroba na stroji bez osy Y. V těchto cyklech si lze vystačit s posuvem v osách X a Z a natáčením vřeten a kolem osy C. U radiálního vrtání mimo osu rotace obrobku si už bez osy Y nelze vystačit. V takovém případě by bylo zapotřebí volit dodatečnou výrobu na jiném typu stroje.

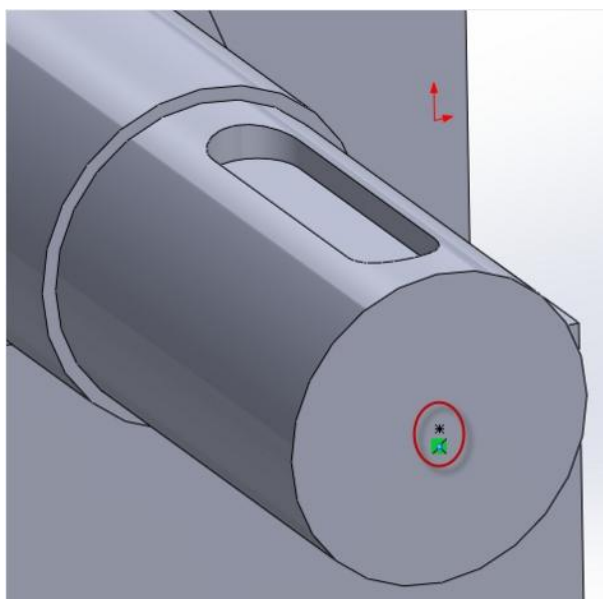
3.4 Obrábění v radiálním směru

Radiální frézování

U tohoto frézování se jedná o obrábění pomocí frézy rovnoběžně s osou obrobku. Tímto způsobem lze tedy obrobit pouze rovnoběžné drážky nebo kontury s osou obrobku bez použití natáčení obrobku kolem osy C. Nebo lze vyrobit drážky na obvodu válcové součásti za pomoci natáčení obrobku kolem osy C. Grafické znázornění cyklu v Mastercam viz. obrázek 30.



Obr. 30 Frézování v radiálním směru



Obr. 31 Praktická ukázka vyrobené drážky radiálním frézováním bez natáčení obrobku kolem osy C [18]



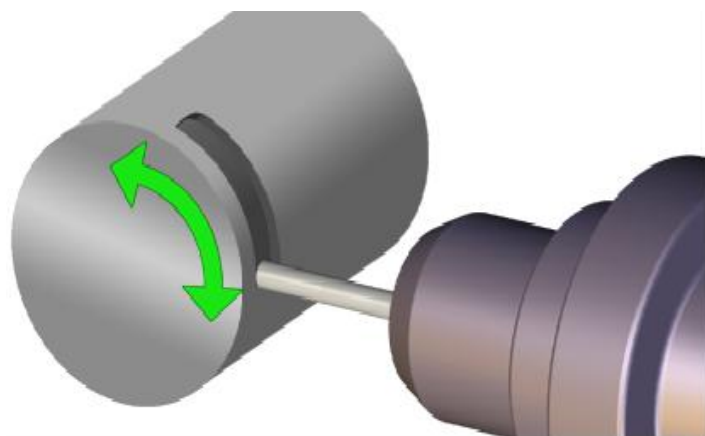
Obr. 32 Praktická ukázka - radiální frézování s natáčením osy C v ose obrobku [19]

Pro součásti na obrázku 31 a 32 je patrný styl obrábění pomocí poháněného nástroje v tomto případě frézy. V případě drážky na obrázku 31 není využívána osa C, ale pouze pohybu nástroje v ose X a Z. Tímto způsobem vyrobíme rovné drážky na hřídeli. Na obrázku 32 jsou vidět obrobené drážky ve šroubovitém tvaru. U těchto drážek je zapotřebí zahrnout do obráběcího cyklu natáčení obrobku kolem osy C.

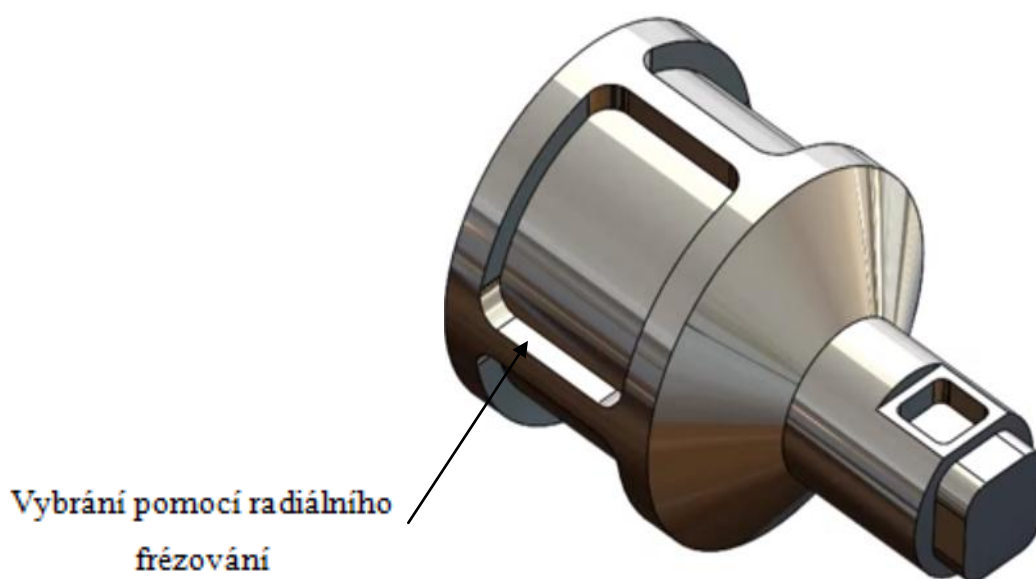
Drážky přímé nebo spirálovité je možno obrábět stopkovou frézou, buď jednoduchou frézou z rychlořezné oceli, nebo frézou s vyměnitelnými břitovými destičkami. Tato fréza podle charakteru drážky může být také kulová. Animaci výroby drážky v radiálním směru lze vidět v elektronické podpoře s názvem *Strategie víceosého soustružení v CAM systémech*. V této podpoře lze také vidět nástroje, které lze použít pro výrobu.

Radiální frézování po obvodu

Frézování drážek a kontur po obvodu obrobku je uskutečněno kolmo na osu rotace obrobku. Při tomto typu cyklu frézování je nutno využívat natáčení obrobku pomocí osy C. Částečně lze nahradit podle šířky drážky cyklus zapichovací, ale především je cyklus využíván pro drážky na válcové ploše součásti, které nejsou okolo celého obvodu výrobku. Grafické znázornění cyklu v Mastercam viz. obrázek 33.



Obr. 33 Frézování drážky v radiálním směru pomocí osy C

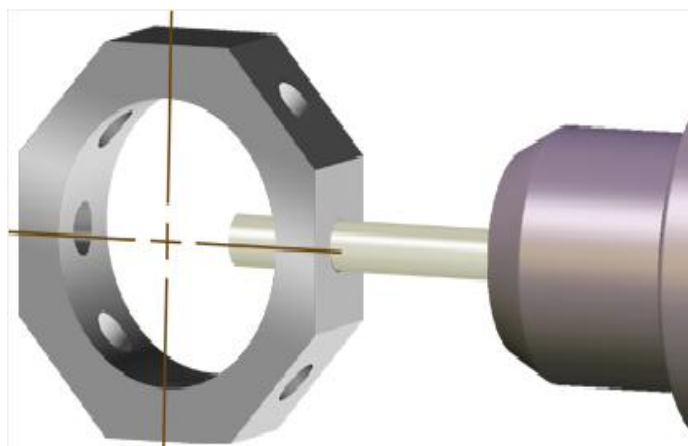


Obr. 34 Praktická ukázka vyrobené kapsy frézováním po obvodu s pomocí natáčení kolem osy C

Drážky a kontury na povrchu válcové plochy je možno vyrobit pomocí frézy upnuté v poháněném držáku. Tvar frézy je nutné volit podle tvaru kontury nebo drážky. Nejčastěji se volí stopková fréza, ale také je možno volit kulovou frézu. Tyto frézy mohou být s jednoho dílu například z rychlořezné oceli nebo také slinutého karbidu. Frézy mohou být osazený také vyměnitelnou břitovou destičkou. Animace výroby a další informace lze najít v elektronické podpoře s názvem *Strategie víceosého soustružení v CAM systémech*.

Radiální vrtání

Vrtání děr v radiálním směru je uskutečněno kolmo na osu rotace obrobku. Radiální vrtání je prováděno pouze kolmo v ose obrobku. Vrtání více děr na obvodu součástky je zajištěno natočením pomocí osy C. Vrtání děr lze provést klasickým šroubovitým vrtákem z rychlořezné oceli nebo ze slinutého karbidu. Lze také vrtat díry pomocí vrtáku s vyměnitelnými břitovými destičkami. Pro vrtání děr na válcové ploše je výhodné zafrézovat rovnou plošku na válcové části. Tato ploška nám zajistí lepší najetí vrtáku na přesnou pozici při zavrtávání. Vrtáním mimo osu rotace se zabývá jiný dostupný cyklus. Informace o radiálním vrtání lze také nalézt v elektronické podpoře s názvem *Strategie víceosého soustružení v CAM systémech*. Grafické znázornění cyklu v Mastercam viz. obrázek 35.



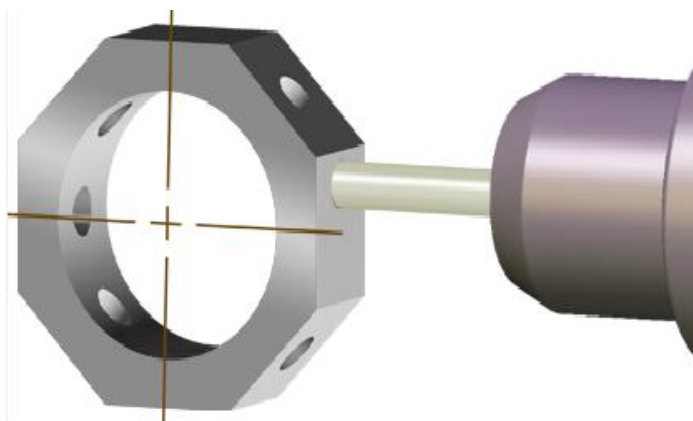
Obr. 35 Vrtání děr v radiálním směru v ose rotace obrobku



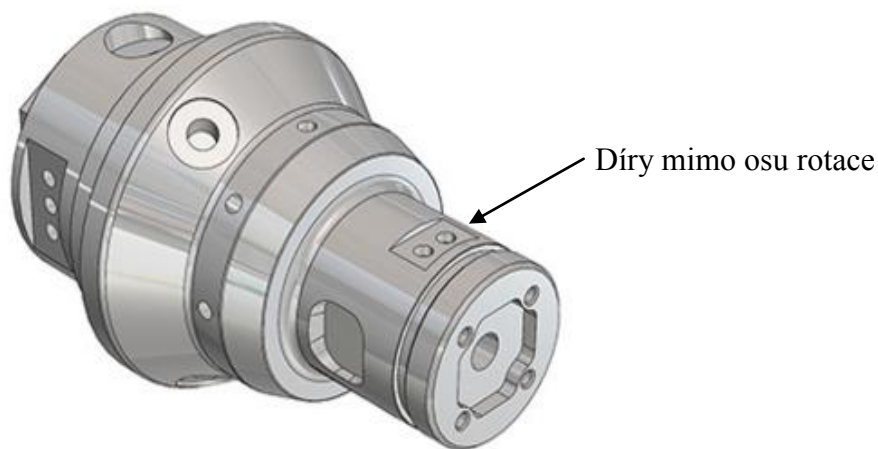
Obr. 36 Praktická ukázka výrobku s radiálním vrtáním

Radiální vrtání mimo osu rotace

Vrtání děr v radiálním směru mimo osu rotace je uskutečněno opět kolmo na osu rotace, jako tomu je u cyklu radiální vrtání. U tohoto cyklu je zapotřebí stroje, který je osazen nástrojovou hlavou s možností pohybu v ose Y. Bez možnosti pohybu v ose Y nelze díry mimo osu rotace vyrobit. Díry lze vrtat pomocí jednoduchého vrtáku z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu, nebo s vrtákem osazeným vyměnitelnou břitovou destičkou. Před samotným vrtáním děr je velkou výhodou v místě díry vyfrézovat rovnou plošku. Tato ploška zajistí bezpečné a přesné zavrtání vrtáku do součástky. Bez tohoto předfrézování hrozí destrukce vrtáku z důvodu nestability při zavrtávání. Zmínka o vrtání mimo osu rotace lze nalézt v elektronické podobě s názvem *Strategie víceosého soustružení v CAM systémech*. Grafické znázornění cyklu v Mastercam viz. obrázek 37.



Obr. 37 Vrtání děr v radiálním směru mimo osu rotace obrobku

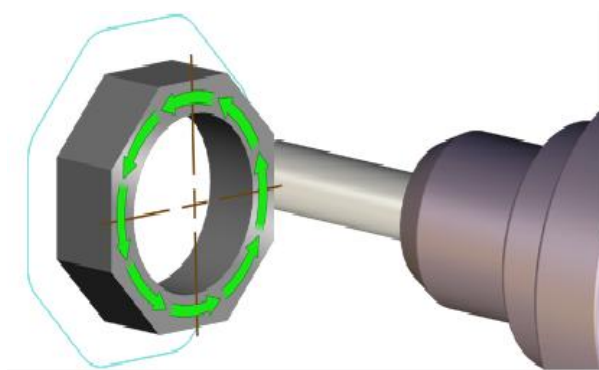


Obr. 38 Praktická ukázka výroby vrtáním mimo osu rotace[20]

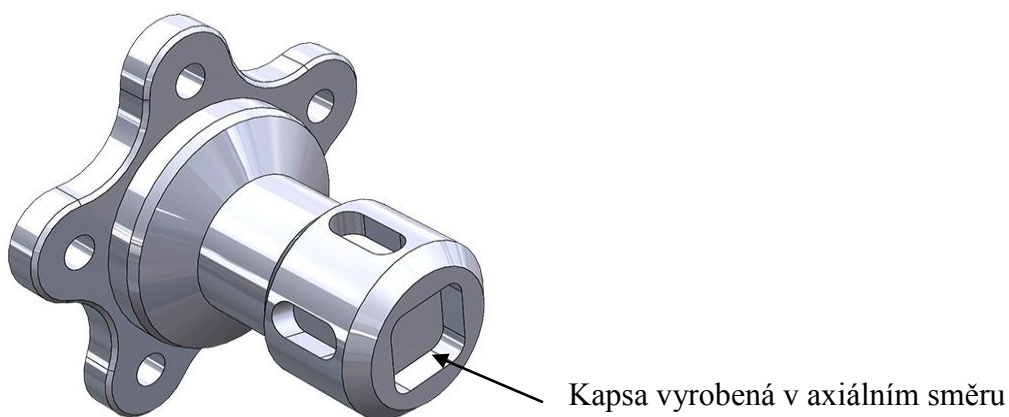
3.5 Obrábění v axiálním směru

Čelní frézování (Axiální)

U čelního nebo-li axiálního frézování je specifické obrábění frézou vodorovně s osou obrobku. Tímto způsobem lze vyrobit drážky a kontury na čele obrobku, ale také z venku na válcové ploše, ale to s omezením délky nástroje a tvaru vyráběné součásti. Podle tvaru kontur a drážek na čele obrobku je nutno volit vhodně stroj, na kterém bude obrobek zhotoven. Některé tvary kapes a drážek nelze vyrobit na stroji, který nemá osu Y. Proto, je lepší volit stroje s možností pohybu nástroje v ose Y. Lze tak vyrobit více tvaru na součásti. Opět stejně jako u radiálního frézování lze volit pro obrábění drážek a kontur stopkové frézy z rychlořezné oceli nebo slinutých karbidů. Dále také je možno využít frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami. Záleží především na materiálu obrobku. Více informací a animace čelního obrábění lze vidět v elektronické podobě s názvem *Strategie víceosého soustružení v CAM systémech*. Grafické znázornění cyklu v Mastercam viz. obrázek 39.



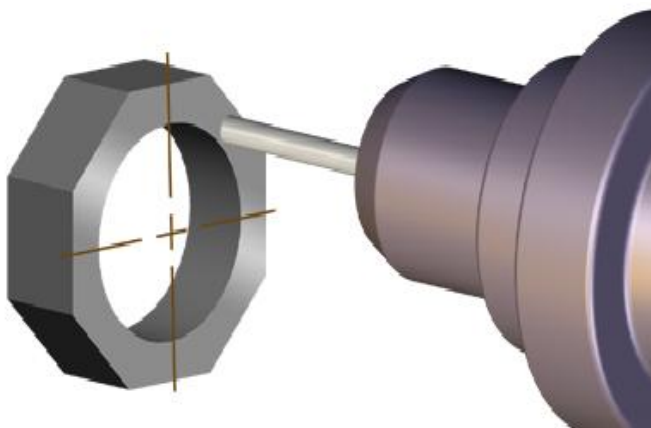
Obr. 39 Obrábění tvaru pomocí osy C a v axiálním směru



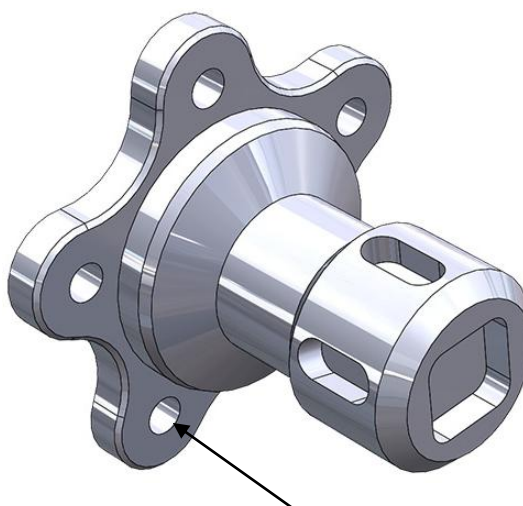
Obr. 40 Praktická ukázka výrobku s axiálním frézováním [20]

Čelní vrtání (Axiální)

Vrtání děr v axiálním směru je uskutečněno vodorovně s osou rotace obrobku. Axiální vrtání je provedeno pouze z čelních ploch součásti. Pro vrtání děr s čela mimo osu rotace lze využít natočení obrobku pomocí osy C a pohybem nástroje v ose X. Tímto způsobem je možno docílit vrtání děr v jakémkoli místě na čele obrobku. Vrtání děr lze provést klasickým šroubovým vrtákem z rychlořezné oceli nebo ze slinutého karbidu. Lze také vrtat díry pomocí vrtáku s vyměnitelnými břitovými destičkami. Na čelní ploše obrobku, pokud není jiného než rovného tvaru není nutno předfrézovávat plošku pro bezpečné zavrtání vrtáku do součásti. Grafické znázornění v Mastercam viz. obrázek 41.



Obr. 41 Vrtání děr v axiálním směru



Díry vyrobené v axiálním směru

Obr. 42 Praktická ukázka výrobku s axiálním vrtáním [20]

3.6 Obrábění pomocí 4 a více os

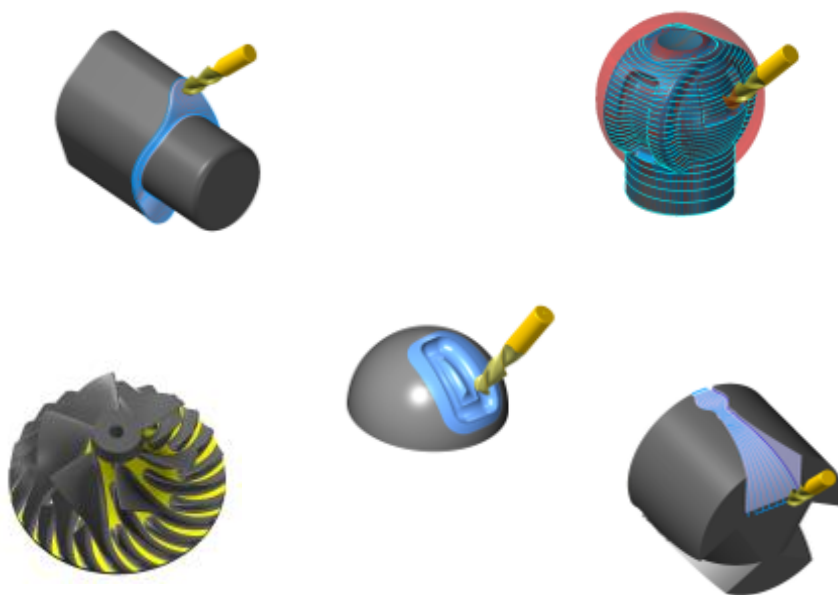
Na obrázku číslo 43 a 44 je možno vidět další strategie obrábění pomocí CAM systému Mastercam. Pro tyto znázorněné příklady je zapotřebí, aby stroje, na nichž se tyto obrobky budou vyrábět, byly opatřeny přinejmenším osou Y. Bez této osy jsou některé z těchto výrobků nevyrobitelné.

a) Obrobky obrobitelné pomocí osy Y



Obr. 43 Obrábění bez pomoci 5. osy

b) Obrobky obrobitelné pouze s pomocí osy B tedy 5osé obrábění



Obr. 44 Obrobky obrobitelné pouze s osou B

Všechny tyto strategie obrábění jsou použitelné i u strojů se dvěma vřeteny. Jediný rozdíl může nastat při obrábění, kdy má stroj více nástrojových hlav. V tom případě se mohou některé strategie provádět najednou a to zvláště na každém vřetenu. Tímto se dá vysoce zefektivnit výroba součástí. Ukázka víceosého frézování na soustružnických centrech lze najít v elektronické podpoře s názvem *Strategie víceosého soustružení v CAM systémech*.

4 Aplikace multimediální podpory

4.1 Význam multimediální podpory

Multimediální podpory by měla mít za úkol ukázat zájemcům ať už z řad firem, škol, nebo běžných lidí nahlédnout do dané problematiky a něco málo se o ní dozvědět buďto elektronickou formou nebo tištěnou formou. Měli by být schopni s daných ukázek a textů pochopit podstatu řešeného tématu. Toto by mělo být základním principem multimediální podpory.

4.2 Problematika CNC výroby

V dnešní době se obrovským tempem zvyšují nároky na proces obrábění. S rostoucí produktivitou výroby součástí na CNC strojích vznikají i nové technologie strategie výroby. Neměli bychom však zapomenout na to nejdůležitější a to na obrovský rozvoj víceosých CNC obráběcích strojů. Tato multimediální podpora by měla poukázat na různé možnosti výroby součástí na víceosých CNC strojích. V multimediální podpoře by měla být popsána především víceosá soustružnická centra a strategie pro výrobu součástí. V dnešní době s velkým množstvím víceosých soustružnických center je možno vytvářet velice složité součásti právě na těchto strojích. To obrovským způsobem zvyšuje produktivitu práce. V těchto případech je nutné mít nejen víceosé soustružnické obráběcí centra, ale také je důležité pro efektivní výrobu mít podporu CAM systému. Bez těchto systémů je velice problematické až někdy nemožné vytvořit NC programy na obrábění. Tyto programy mají už předdefinované různé typy strategií výroby. Na technologovi výroby už je pak jen vhodným způsobem tyto strategie, cykly seskládat dohromady. Poté se vytvořený NC program odzkouší na daném stroji a po úspěšném odladění může začít výroba.

4.3 Zpracování multimediální podpory

Multimediální podpora v této bakalářské práci bude zpracována zčásti v tištěné formě. Plná verze multimediální podpory bude možná k nahlédnutí v elektronické formě pod názvem *Strategie víceosého soustružení v CAM systémech*. A to především z důvodu potřeby znázorňování některých strategií výroby pomocí animací z CAM systému a také příslušných videí výroby součástí z praxe. V tištěné formě budou znázorněny strategie jen z části s popisem a doplněná verze se bude nacházet v elektronické formě.

5 Generování seřizovacího listu v CAM systému

Seřizovací list nebo-li průvodní dokumentace (označovaná také v CAM systémech jako návodka) je možno tvořit přímo v používaném CAM systému. Seřizovací list je potřebný pro operátora CNC stroje k získání důležitých informací a dobré orientaci ve vytvořeném NC programu. Seřizovací list slouží k dobré orientaci a přehlednosti o stavu zakázky, materiálu, nástrojů atd. Dále pak slouží pro obchodní a dodavatelské subjekty, kteří se chtějí nějakým způsobem podílet na vytvořeném pracovním postupu. [17]

V průvodní dokumentaci můžeme zjistit tyto důležité informace :

- kdo NC program vytvořil,
- kdo vytvořil model součásti,
- kdo schválil zakázku,
- popis zakázky,
- použité nástroje (popis nástrojů, pozice, vyložení),
- čas obrábění (strojní časy, časy výměn nástrojů),
- ustavení obrobku,
- materiál obrobku,
- použité jednotlivé úseky obrábění - strategie s možným grafickým náhledem,
- kde jsou jednotlivé soubory umístěny a pod jakým názvem (NC program, CAM soubor, model, polotovár) a další.

Průvodní dokumentace, nebo-li seřizovací list lze vytisknout a předat do výroby operátorovi CNC stroje, nebo v případě partnerských subjektů zaslat například emailem. Výhodou je, že tito partneři nemusí vlastnit licenci CAM systému, protože průvodní dokumentace lze uložit do běžných spustitelných souborů (*.pdf, *.txt, *.htm, apod).

V CAM systému Mastercam lze seřizovací list vytvořit ve formátu *.pdf, *.htm, nebo do tabulky v Excelu.

Průvodní dokumentaci lze v Mastercam vytvořit pomocí výběru *Seřizovací list* při pravém kliknutí myši na záhlaví stromové struktury postup. Otevře se okno pro zadání potřebných údajů a volbu příslušných náhledů. Dále pak se otevře speciální modul

(prohlížeč ActiveReports), který slouží pro nahlížení návodky, nebo pro následné uložení do souboru *.pdf, *.htm, nebo tabulky Excelu.

Následující obrázek ukazuje zadávací okno při tvorbě průvodní dokumentace nebo-li seřizovacího listu v CAM systému Mastercam. Kliknutím na ikonku fotoaparátu lze vytvořit jednotlivé náhledy operačních cyklů. [17]

Seřizovací list

Základní informace

Projekt: cvičení

Zákazník: studenti

Programoval: Sadílek

Kreslil: Cmr

Revize: Kr

Poznámka 1: upínání mezi upínky

Poznámka 2: druhá poznámka

Poznámka 3: ponechat řezné podmínky

Obrázky

☒ Barevně

Aktuální grafické zobrazení na ploše bude zachyceno po stisku OK.

Pohled na operaci

☐ WCS operací

☒ T-rovin operací

☐ Izometricky relativně k WCS operací

☐ Izometricky (GLOBÁLNÍ)

Šablona zprávy (Stiskněte F2 pro nový výběr)

MILL DEFAULT MM | setup sheet (mill)

Icons: Camera, Green checkmark, Red X, Question mark

Obr. 45 Tvorba seřizovacího listu v Mastercam [17]

6 Závěr

Předmětem této práce bylo seznámení se s problematikou víceosého soustružení v CAM systémech. Na začátku práce je stručné rozdělení obráběcích víceosých soustružnických center, které jsou nejčastěji využívány v praxi. Toto rozdělení je důležité z důvodu lepšího rozhledu možnosti výběru CNC stroje pro výrobu. V rozdělení je zaznamenána především kinematika víceosých CNC obráběcích strojů a stručný popis možností výroby na daném typu stroje. V práci je také zmíněno upínání poháněných nástrojů do nástrojových hlav. Pro technologa výroby jsou velice důležité možnosti upínání nástrojů do nástrojových hlav z důvodu navržení té nejlepší varianty technologie výroby. Ne vždy je totiž to upínání jednoduchou záležitostí. Za velkou zmínku lze považovat stroje pro obrábění s obráběcí osou B. Tyto stroje jsou pro dnešní dobu nezbytné v produktivní výrobě. Tyto stroje umožní obrovské zefektivnění výroby a snížení nákladu na výrobu součástí. V mnoha případech lze tímto víceosým soustružnickým centrem nahradit 5osé frézovací centrum. V dalších bodech práce jsou základní informace o CAM systému Mastercam, a také strategie obrábění v CAM systému Mastercam. V těchto bodech je postupně rozebráno šest základních obráběcích cyklů pro obrábění pomocí poháněného nástroje s využitím pohybu obrobku kolem osy C. Tyto cykly jsou postupně rozděleny do radiálního a axiálního směru obrábění a stručně popsány. Dále jsou tyto cykly doprovázeny praktickou ukázkou ve formě obrázku. Okrajově je pak zmíněno 5osé obrábění v CAM systému Mastercam. Tyto cykly obrábění jsou v dnešní době už prakticky velice využívaným pomocníkem při tvorbě NC programů. A to z důvodu možnosti obrábění na víceosých soustružnických centrech. V posledním bodě práce je z části zmíněna tvorba seřizovacího listu nebo-li průvodní dokumentace. Tento list je důležitý s hlediska výroby pro CNC operátora a to pro lepší orientaci ve vytvořeném NC programu. Seřizovací list také slouží pro přehlednost o stavu zakázek. Tato práce je dále rozšířena o elektronickou podporu s názvem *Strategie víceosého soustružení v CAM systému*. V této elektronické podpoře lze nalézt několik strategií obrábění a především simulace z CAM systému, tak i animace a videa výroby přímo na víceosých CNC strojích z praxe. Tako práce by měla být především informativní jak pro firmy, tak i do výuky v hodinách CAM systému. Tako práce, by měla rozšířit obzor zájemcům o víceosé obrábění.

Seznam použité literatury

- [1] OBRÁBĚNÍ STROJE: *Trendy obrábění* [online]. 2010 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/obrabeci-centra-a-stroje-soustruznickeho-typu.html>
- [2] OBRÁBĚNÍ STROJE: *Kinematika* [online]. 2010 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.schwservice.cz/stroje.html>
- [3] OBRÁBĚNÍ STROJE: *Kinematika* [online]. 2014 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.ganesh-test.mikebunce.com/site/Default.aspx?tabid=99>
- [4] OBRÁBĚNÍ STROJE: *Kinematika* [online]. MORI SEIKI, 2009 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.moriseiki.com/english/mail/user/ue0906s66c/0906uec02.html>
- [5] POHÁNĚNÉ NÁSTROJE: *Upínání* [online]. Technology - support, 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://www.t-support.cz/kat/pohanene-nastroje-a-jejich-upinani-5>
- [6] POHÁNĚNÉ NÁSTROJE: *Upínání* [online]. F.I.S.M. - Produktivní nástroje, 2015 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.fism.cz/nabizime/produkty/item/86-poh%C3%A1n%C4%Bn%C3%A9-n%C3%A1stroje-a-revolverove-hlavy.html>
- [7] POHÁNĚNÉ NÁSTROJE: *Upínání horní hlava* [online]. Multistation, 2015 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.multistation.com/Centre-d-usinage-Turbomill-i>
- [8] SOLIDCAM. *Zaškolovací kurz k modulu Frézování – Soustružení*, SolidCAM + SolidWorks, 2007, s 232.
- [9] POHÁNĚNÉ NÁSTROJE: *Frézování* [online]. Bob- Cad, 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://bobcad.com/products/mill-turn-cad-cam-software/>
- [10] OBRÁBĚCÍ STROJE: *Víceosé obrábění* [online]. 2015 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <https://hardingegroupuk.wordpress.com/2011/08/19/%E2%80%98perfect-combination%E2%80%99-with-biglia-multi-axis-turn-mill/>
- [11] OBRÁBĚCÍ STROJE: *strategie obrábění* [online]. 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/>
- [12] OBRÁBĚCÍ STROJE: *Víceosé obrábění magazín* [online]. 2015 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: http://www.dmgmori.com/webspecial/journal_2014_1/en/nlx.htm

- [13] OBRÁBĚCÍ STROJE: *Víceosé obrábění* [online]. 2016 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://us.dmgmori.com/>
- [14] OBRÁBĚCÍ STROJE: *Magazín obrábění* [online]. 2011 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://mfgnewsweb.com/archives/4/35117/General-mar11/DMG--Mori-Seiki-Introduces-NTX2000-Integrated-Mill-Turn-Center.aspx>
- [15] OBRÁBĚCÍ STROJE: *Soustružení s dvěma vřeteny* [online]. 2015 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/pdimplm/7-2007/1325-poskytujeme-komplexni-reseni-ve-svete-obrabeni.html>
- [16] CAM SYSTÉM: *strategie obrábění* [online]. 2016 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.mastercam.cz/>
- [17] SADÍLEK, M.; SADÍLKOVÁ Z.: *Počítačová podpora procesu obrábění* [online]. Fakulta Strojní VŠB - TUO, 2012 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/459/ucebniopory/Pocitacova_podpora_procesu%20_obrabeni.pdf
- [18] SOLIDWORKS: *počítačová podpora* [online]. 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.mujsolidworks.cz/klikovy-mechanismus-klikova-hridel-2/>
- [19] DRÁŽKOVÉ VÁLCE: *Výroba* [online]. 2016 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.edb.cz/clanek-7369-agt-zlin-vyroba-drazkovanych-pryzovych-valcu>
- [20] BOB - CAD: *Podpora Solidworks* [online]. 2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://bobcad.com/>
- [21] SOUŘADNÝ SYSTÉM: *CNC obráběcí centra* [online]. 1996 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1294>

Seznam obrázků

- Obr. 1 Kinematika 4osého soustružnického obráběcího centra s jedním sklíčidlem [1]
Obr. 2 Kinematika stroje bez osy Y a s osou Y [2]
Obr. 3 Kinematika stroje se dvěma sklíčovými [2]
Obr. 4 Kinematika 4osého soustružnického obráběcího centra [3]
Obr. 5 Kinematika 4osého soustružnického obráběcího centra [1]
Obr. 6 Kinematika 6osého multifunkčního obráběcího centra [4]
Obr. 7 Osazení poháněných nástrojů v revolverové nástrojové hlavě [6]
Obr. 8 Soustružnicko-frézovací hlava osazená nástrojem [7]
Obr. 9 Kinematika 4osého soustružnického obráběcího centra typ XYZC [1]
Obr. 10 Obrábění na 4osém soustružnickém centru typ XYZC [8]
Obr. 11 Axiální obrábění [9]
Obr. 12 Radiální obrábění [9]
Obr. 13 Možnosti obrábění na 5osém soustružnickém obráběcím centru (XYZCB) [8]
Obr. 14 Soustruh s horní frézovací hlavou a dolní nástrojovou hlavou [4]
Obr. 15 Soustruh s horní frézovací hlavou [10]
Obr. 16 Obrábění nepoháněným nástrojem [11]
Obr. 17 Obrábění poháněným nástrojem nebo vyvrtávací tyčí [11]
Obr. 18 Obrábění poháněným nástrojem [11]
Obr. 19 obrábění poháněným nástrojem [11]
Obr. 20 Obrábění poháněným nástrojem [11]
Obr. 21 Obrábění poháněným nástrojem [11]
Obr. 22 Obrábění poháněnými nástroji [11]
Obr. 23 Obrábění poháněným nástrojem [11]
Obr. 24 Obrábění poháněným nástrojem a měření dotekovou sondou [11]
Obr. 25 Stroj typ dvě vřetena a jedna nástrojová hlava [12]
Obr. 26 Stroj typ dvě vřetena a dvě nástrojové hlavy [13]
Obr. 27 Stroj typ dvě vřetena a jedna nástrojová hlava jedna frézovací hlava [14]
Obr. 28 Souřadný systém klasického soustruhu [21]
Obr. 29 Souřadnicový systém u CNC soustružnického centra [21]
Obr. 30 Frézování v radiálním směru
Obr. 31 Praktická ukázka vyrobené drážky radiálním frézováním bez natáčení obrobku kolem osy C [18]
Obr. 32 Praktická ukázka - radiální frézování s natáčením osy C v ose obrobku [19]

- Obr. 33 Frézování drážky v radiálním směru pomocí osy C
- Obr. 34 Praktická ukázka vyrobené kapsy frézováním po obvodu s pomocí natáčení kolem osy C
- Obr. 35 Vrtání děr v radiálním směru v ose rotace obrobku
- Obr. 36 Praktická ukázka výrobku s radiálním vrtáním
- Obr. 37 Vrtání děr v radiálním směru mimo osu rotace obrobku
- Obr. 38 Praktická ukázka výroby vrtáním mimo osu rotace [20]
- Obr. 39 Obrábění tvaru pomocí osy C a v axiálním směru
- Obr. 40 Praktická ukázka výrobku pomocí axiálního frézování [20]
- Obr. 41 Vrtání děr v axiálním směru
- Obr. 42 Praktická ukázka výrobku s axiálním vrtáním [20]
- Obr. 43 Obrábění bez pomoci 5 osy
- Obr. 44 Obrobky obrobitelné pouze s osou B
- Obr. 45 Tvorba seřizovacího listu v Mastercam [17]

Seznam příloh

Příloha 1. v elektronické podobě - Strategie víceosého soustružení v CAM systémech